

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. Januar 2001 (25.01.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/06662 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H03M 13/29** (74) Gemeinsamer Vertreter: TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN; Sender, Frank, Dezernat 5, SG 5.1, D-01062 Dresden (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/02211**

(22) Internationales Anmeldedatum: 10. Juli 2000 (10.07.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 34 646.1 16. Juli 1999 (16.07.1999) DE (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN [DE/DE]; Dezernat 5, SG 5.1, Mommsenstrasse 13, D-01069 Dresden (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): VOGT, Jörg [DE/DE]; Bernhardstrasse 44a, D-01187 Dresden (DE). ER-TEL, Jochen [DE/DE]; Charlottengrund 16, D-01900 Bretnig-Hauswalde (DE). FINGER, Adolf [DE/DE]; Glückswiese 4, D-01737 Kurort Hartha (DE).

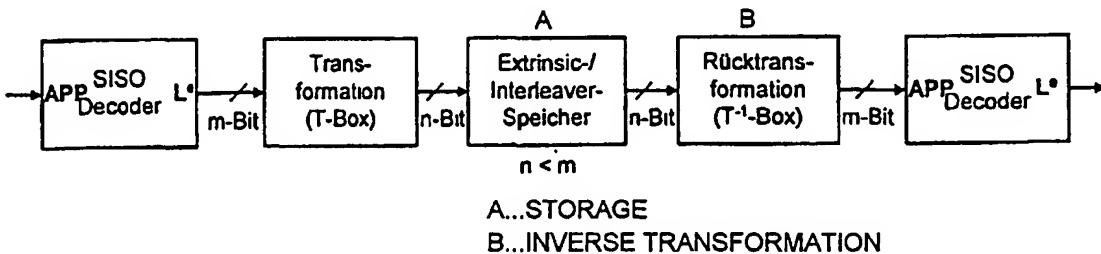
(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— Mit internationalem Recherchenbericht.
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ITERATIVE DECODING INTERLINKED CODES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ITERATIVEN DECODIERUNG VON VERKETTETEN CODES



WO 01/06662 A1
(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for iterative decoding interlinked codes, whereby the storage capacity needed for extrinsic information exchanged between the soft-in-soft-out decoders (SISO) of the partial code during decoding is minimized. This is achieved in that after calculating the extrinsic values in the SISO decoders, they are subjected to a transformation. Said transformation brings about a reduction in the size of extrinsic information buffer storage. During subsequent access to the extrinsic information, said transformation is revoked by a corresponding inverse transformation.

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zur iterativen Decodierung von verketten Codes, wobei die extrinsic Information, die zwischen den Soft-In-Soft-Out-Decodern (SISO) der Teilstücke während der Decodierung ausgetauscht wird, in ihrem Speicherbedarf minimiert wird. Dies wird dadurch gelöst, dass nach der Berechnung der extrinsic Werte in den SISO-Decodern eine Transformation auf diese angewendet wird. Diese Transformation bewirkt eine Verringerung der Grösse des Zwischenspeichers der extrinsic Information. Beim nächsten Zugriff auf die extrinsic Information wird die Transformation durch eine entsprechende inverse Transformation wieder aufgehoben.

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. Januar 2001 (25.01.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/06662 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: H03M 13/29

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02211

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juli 2000 (10.07.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 34 646.1 16. Juli 1999 (16.07.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN [DE/DE]; Dezernat 5, SG 5.1, Mommsenstrasse 13, D-01069 Dresden (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): VOGT, Jörg [DE/DE]; Bernhardstrasse 44a, D-01187 Dresden (DE). ER-TEL, Jochen [DE/DE]; Charlottengrund 16, D-01900 Bretnig-Hauswalde (DE). FINGER, Adolf [DE/DE]; Glückswiese 4, D-01737 Kurort Hartha (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN; Sender, Frank, Dezernat 5, SG 5.1, D-01062 Dresden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

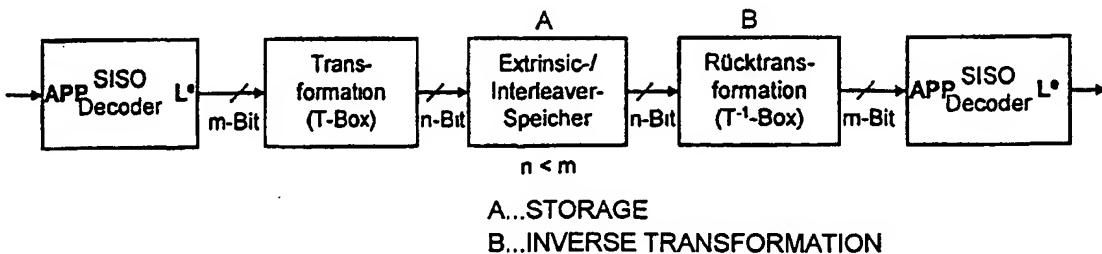
Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR ITERATIVE DECODING INTERLINKED CODES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ITERATIVEN DECODIERUNG VON VERKETTETEN CODES



WO 01/06662 A1

(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for iterative decoding interlinked codes, whereby the storage capacity needed for extrinsic information exchanged between the soft-in-soft-out decoders (SISO) of the partial code during decoding is minimized. This is achieved in that after calculating the extrinsic values in the SISO decoders, they are subjected to a transformation. Said transformation brings about a reduction in the size of extrinsic information buffer storage. During subsequent access to the extrinsic information, said transformation is revoked by a corresponding inverse transformation.

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zur iterativen Decodierung von verketten Codes, wobei die extrinsic Information, die zwischen den Soft-In-Soft-Out-Decodern (SISO) der Teilcodes während der Decodierung ausgetauscht wird, in ihrem Speicherbedarf minimiert wird. Dies wird dadurch gelöst, dass nach der Berechnung der extrinsic Werte in den SISO-Decodern eine Transformation auf diese angewendet wird. Diese Transformation bewirkt eine Verringerung der Grösse des Zwischenspeichers der extrinsic Information. Beim nächsten Zugriff auf die extrinsic Information wird die Transformation durch eine entsprechende inverse Transformation wieder aufgehoben.

Verfahren und Vorrichtung zur iterativen Decodierung von verketteten Codes

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur iterativen Decodierung von verketteten Codes bei dem Zuverlässigkeitssinformationen zwischen den Teildecodern ausgetauscht werden. Bei diesem Verfahren wird das Codewort durch die Kombination von mehreren Untercodes gebildet.

Iterative Decodierverfahren sind beispielsweise aus der US 5 446 747 und der US 5 563 897 bekannt. In der DE 195 26 416 A1 wird die Verwendung eines adaptiven Abbruchkriteriums beim iterativen Decodieren übertragener, multidimensional codierter Information beschrieben.

Iterativ decodierte Codes sind z.B. Turbo-Codes, seriell verkettete Codes und Produktcodes. Zur Decodierung der Teilcodes werden in der Regel Soft-In-Soft-Out Symbol- oder Sequenzschätzer verwendet, die Zuverlässigkeitssinformationen untereinander austauschen.

Bei einem Verfahren zur iterativen Decodierung von verketteten Codes, bei dem Zuverlässigkeitssinformationen (L-Werte) zwischen verschiedenen Teildecodern ausgetauscht werden, wird das Codewort durch die Kombination mehrerer Untercodes gebildet. Die Decodierung dieser Codes erfolgt in der Regel iterativ, d.h. es besteht eine Rückkopplung zwischen den Teildecodern. Dabei werden nacheinander die Teilcodes decodiert und das Decodierergebnis, die sogenannte extrinsic Information, als a-priori Information den anderen Decodern zur Verfügung gestellt. Beispiele für iterativ decodierte Codes sind Turbo-Codes und seriell verkettete Codes. Turbo-Codes wurden erstmalig in G. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima, „Near Shannon limit error-correcting coding: Turbo codes“ Proc. 1993 International Conference Communication, Genf, Mai 1993, Seiten 1064-1070, vorgestellt. Seriell verkettete iterativ decodierte Codes sind in S. Benedetto, G. Montorsi, „Serial concatenation of block and convolutional codes“ Electron. Lett., vol. 32, no. 10, Seiten 887-888, Mai 1996 beschrieben.

Turbo-Codes werden seit wenigen Jahren eingesetzt und sind als grundlegendes Verfahren zur Kanalcodierung für den Mobilfunkstandard der dritten Generation „IMT-2000“ vorgeschlagen worden. Turbo-Codes haben den Vorteil eines hohen Codiergewinnes und können flexibel an die Kanalerfordernisse angepaßt werden.

Zur iterativen Decodierung werden Decoder für die Teilcodes verwendet, welche neben den Zuverlässigkeitswerten des übertragenen Codeworts außerdem a-priori Informationen nutzen können. Als Decodierergebnis wird eine extrinsic Information berechnet, welche den Decodern der anderen Teilcodes wiederum als a-priori Information zur Verfügung steht. Diese Decoder werden allgemein SISO (Soft-In-Soft-Out) genannt.

Realisierungen eines SISO-Decoders sind z.B. MAP oder SOVA-Decoder. Der MAP-Algorithmus wurde in L. Bahl, J. Cocke, F. Jelinek, and J. Raviv, „Optimal decoding of linear codes for minimizing symbol error rate“ IEEE Transactions on Information Theory, Seiten 284-287, März 1974 beschrieben. Der SOVA- Algorithmus wurde in J. Hagenauer et al, „Iterative („Turbo“) decoding of systematic convolutional codes with MAP and SOVA algorithms“, ITG Fachtagung „Codierung“, München, Okt. 1994, beschrieben.

Da im Coder die Informationssymbole in der Regel verschachtelt den Teilcodern zugeführt werden, ist bei der Decodierung ein Zwischenspeicher für die extrinsic Information zum Aufheben der Verschachtelung notwendig. Dieser Zwischenspeicher verbraucht einen erheblichen Anteil an der für den gesamten Decoder notwendigen Fläche auf einem Schaltkreis.

Bei einer ASIC Realisierung eines iterativen Decoders wird üblicherweise der SISO-Decoder so gestaltet, daß mit ganzen Zahlen (Integer) für die extrinsic Information gearbeitet wird.

Die benötigte Wortbreite dieser Darstellung bestimmt zusammen mit der Verschachtelungstiefe die notwendige Größe des extrinsic Zwischenspeichers.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das iterative Decodierverfahren hinsichtlich des Realisierungsaufwandes so zu verbessern, daß der für die Decodierung notwendige extrinsic Zwischenspeicher bei gleicher Leistungsfähigkeit des Decoders kleiner sein kann, als es nach dem Stand der Technik üblich ist.

Gemäß der Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen dadurch gelöst, daß die berechnete extrinsic Information mit einer Anzahl m-Bit vor der Speicherung in einem Zwischenspeicher in eine Zahlendarstellung mit einer geringeren Anzahl n-Bit transformiert und beim Auslesen aus dem Zwischenspeicher durch eine Rücktransformation die ursprüngliche Zahlendarstellung wiederhergestellt wird.

In einer Ausgestaltung der Erfindung wird die Transformation so vorgenommen, daß die berechneten extrinsic Werte einer Quantisierung unterworfen und danach binär codiert werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die Transformation so vorgenommen, daß die Quantisierung nichtlinear erfolgt.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die Quantisierungskennline so gestaltet, daß kleine Amplitudenwerte der extrinsic Information feiner unterteilt werden als große Werte.

Bei einer geeigneten Einteilung der Intervalle ergibt sich keine signifikante Verschlechterung des Decodierergebnisses.

Gemäß der Erfindung wird die Aufgabe außerdem durch eine Vorrichtung in Verbindung mit den im Oberbegriff des Anspruchs 8 genannten Merkmalen dadurch gelöst, daß zwischen einem Teildecoder und einem Zwischenspeicher Mittel zur Transformation einer Anzahl m-Bit in eine Anzahl n-Bit und zwischen einem Zwischenspeicher und einem Teildecoder Mittel zur Rücktransformation einer Anzahl n-Bit in eine Anzahl m-Bit vorgesehen ist, wobei die Anzahl m-Bit größer als die Anzahl n-Bit ist.

Vorteilhaft ist als Mittel zur Transformation und Rücktransformation jeweils eine Transformationsbox vorgesehen.

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß der erforderliche Speicherbedarf für den Zwischenspeicher reduziert werden kann, ohne die Decodierleistung des Decoders signifikant zu beeinträchtigen.

Das Verfahren kann prinzipiell für alle Decodierverfahren verwendet werden, die extrinsic Informationen zwischenspeichern.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines Turbo-Code Encoders

Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Turbo-Code Decoders

Fig. 3 ein Blockschaltbild bei Durchführung von Transformation und Rücktransformation

Fig. 4 eine Quantisierungskennline der extrinsic Information

Fig. 5 ein Beispiel für eine Transformationstabelle

Fig. 6 ein Beispiel für eine Rücktransformation

Fig. 7 eine Darstellung eines Simulationsergebnisse.

Im Bereich der Kanalcodierung spielen Turbo-Codes aufgrund des hohen erzielbaren Codierungsgewinns eine wichtige Rolle. Turbo-Codes sind parallel verkettete rekursive systematische Faltungscodes. Die Struktur eines herkömmlichen Turbo-Code Encoders mit zwei Faltungscodes der Einflußlänge von drei Symbolen ist in Fig. 1 dargestellt. Ein Faltungscoder verwendet die Informationssymbole u_k direkt während der anderer Faltungscoder diese Informationssymbole verschachtelt (interleaved) verarbeitet. Die Redundanzsymbole des ersten Faltungscoders werden als u_{k1}^p und die Redundanzsymbole des zweiten Faltungscoders werden als u_{k2}^p bezeichnet. Die Redundanzsymbole können mittels eines optionalen Punktierungsblocks selektiv gelöscht werden, um eine bestimmte Coderate zu erzielen. Die verbleibenden Redundanzsymbole bilden zusammen mit den Informationssymbolen das zu übertragende Codewort.

Der iterative Turbo-Decoder ist eine Decoderanordnung, die für die Decodierung von Turbo-Codes geeignet ist und dort Anwendung findet. Fig. 2 zeigt eine herkömmliche Turbo-Decoder Struktur. Die vom Demodulator kommenden Daten werden den einzelnen SISO-Faltungsdecodern, die den jeweiligen Encodern entsprechen, zugeführt. Der Decodervorgang erfolgt iterativ, d.h. nach der Decodierung eines Teilcodes erfolgt die Decodierung des anderen Teilcodes unter Einbeziehung des Decodierergebnisses (extrinsic Information) des vorherigen Prozesses. Der Turbo-Decoder kann mit einem einzigen SISO-Decoder, der zeitmultiplex betrieben wird, oder parallel (zwei SISO für eine Iterationsstufe) aufgebaut werden. Auch Mischformen sind möglich.

In der Fig. 3 ist ein Blockschaltbild dargestellt, das sich bei Durchführung von Transformation und Rücktransformation in Form von dazu eingesetzten Boxen ergibt. Einem SISO-Decoder ist eine T-Box nachgeschaltet, mit deren Hilfe eine Anzahl m-Bit auf eine Anzahl n-Bit transformiert wird. Diese reduzierte Anzahl von Bit wird zur Verarbeitung zwischengespeichert. Nach der Verarbeitung wird die reduzierte Anzahl mittels einer T^{-1} -Box, die dem Zwischenspeicher nachgeschaltet ist, in das ursprüngliche Format rücktransformiert, bevor diese von einem weiteren SISO-Decoder weiterverarbeitet wird.

Zur Decodierung der einzelnen Faltungscodes wird generell ein Soft-Input-Soft-Output Decoder (SISO) verwendet. Dieser kann durch verschiedene Algorithmen realisiert werden (MAP, Max-Log-MAP, SOVA).

Für die Softwerte werden allgemein logarithmierte Wahrscheinlichkeitsverhältnisse (L-Werte) verwendet. Der Betrag $|L(\hat{u}_k)|$ gibt die Zuverlässigkeit der Entscheidung an, das Vorzeichen $\text{sign}(L(\hat{u}_k))$ stellt die harte Entscheidung dar.

Als Decodierergebnis des SISO-Decoders wird die extrinsic Information $L_e(\hat{u}_k)$ für das Informationssymbol u_k bereitgestellt. Diese berechnet sich wie folgt:

$$L_e(\hat{u}_k) = L(\hat{u}_k) - L(u_k) - L_c y_k^s \quad (1)$$

Dabei stellt $L(\hat{u}_k)$ die Zuverlässigkeit des k-ten Informationssymbols, $L(u_k)$ die a-priori Information über das zu decodierende Bit und $L_c y_k^s$ die Kanalinformation des zu decodierenden Bits dar.

Die berechneten extrinsic Werte werden mit Hilfe einer Tabelle oder durch logische Verknüpfungen quantisiert und binär codiert. Diese Aufgabe kann durch Tabellenauslese in einem Schritt erfolgen, wie in Fig. 5 dargestellt. Die ermittelten Werte werden dann in dem extrinsic Zwischenspeicher abgelegt.

Bevor die Werte für die nächste Iterationsstufe wieder Verwendung finden, wird die ursprüngliche Zahlendarstellung wiederhergestellt. Diese Aufgabe kann wiederum durch Tabellenauslese realisiert werden, wie in Fig. 6 dargestellt. Eine weitere Möglichkeit der Rücktransformation stellt die Realisierung durch logische Verknüpfungen dar.

In Fig. 3 ist das Transformationsverfahren als separates Modul (T-Box) dargestellt. Prinzipiell lässt sich die Funktionalität der T-Box und T^{-1} -Box auch in das SISO-Modul integrieren.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt die Verwendung von 3-bit breitem extrinsic Zwischenspeicher ohne signifikante Verschlechterung der Decodierleistung. Als Beispiel ist in Fig. 7 das Simulationsergebnis der Bitfehlerrate (BER) mit und ohne extrinsic Transformation dargestellt. Für die Simulation der Bitfehlerrate wurde ein Turbo-Code mit dem Generatorpolynom $(g_{\text{feedback}}, g_{\text{parity}}) = (7_{\text{oct}}, 5_{\text{oct}})$ der Teilcodes, die Blocklänge 668 bits, ein AWGN-Kanal und als SISO-Decoder ein Max-Log-MAP Decoder verwendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur iterativen Decodierung von verketteten Codes, bei dem nacheinander die einzelnen Teilcodes decodiert werden und eine extrinsic Information zwischen den Teildecodern über einen Zwischenspeicher ausgetauscht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die berechnete extrinsic Information mit einer Anzahl m-Bit vor der Speicherung in einem Zwischenspeicher in eine Zahlendarstellung mit einer geringeren Anzahl n-Bit transformiert und beim Auslesen aus dem Zwischenspeicher durch eine Rücktransformation die ursprüngliche Zahlendarstellung wiederhergestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Transformation der extrinsic Werte mit Hilfe einer Quantisierung derselben erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Transformation der extrinsic Werte mit Hilfe einer nichlinearen Quantisierungskennlinie erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Quantisierungskennlinie kleine Werte feiner aufgelöst werden als große Werte.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Quantisierungsergebnisse binär codiert werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Transformation und Rücktransformation der extrinsic Information durch Tabellenauslese erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Transformation und Rücktransformation der extrinsic Information durch logische Operationen erfolgt.
8. Vorrichtung zur iterativen Decodierung von verketteten Codes, bei der eine extrinsic Information zwischen Teildecodern (Decoder 1, 2) über Zwischenspeicher (Interleaver) ausgetauscht wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwischen einem Teildecoder (Decoder 1) und einem Zwischenspeicher Mittel zur Transformation einer Anzahl m-Bit in eine Anzahl

n-Bit und zwischen einem Zwischenspeicher und einem Teildecoder (Decoder 2) Mittel zur Rücktransformation einer Anzahl n-Bit in eine Anzahl m-Bit vorgesehen ist, wobei die Anzahl m-Bit größer als die Anzahl n-Bit ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel zur Transformation und Rücktransformation jeweils eine Transformationsbox (T-Box, T^{-1} -Box) vorgesehen ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

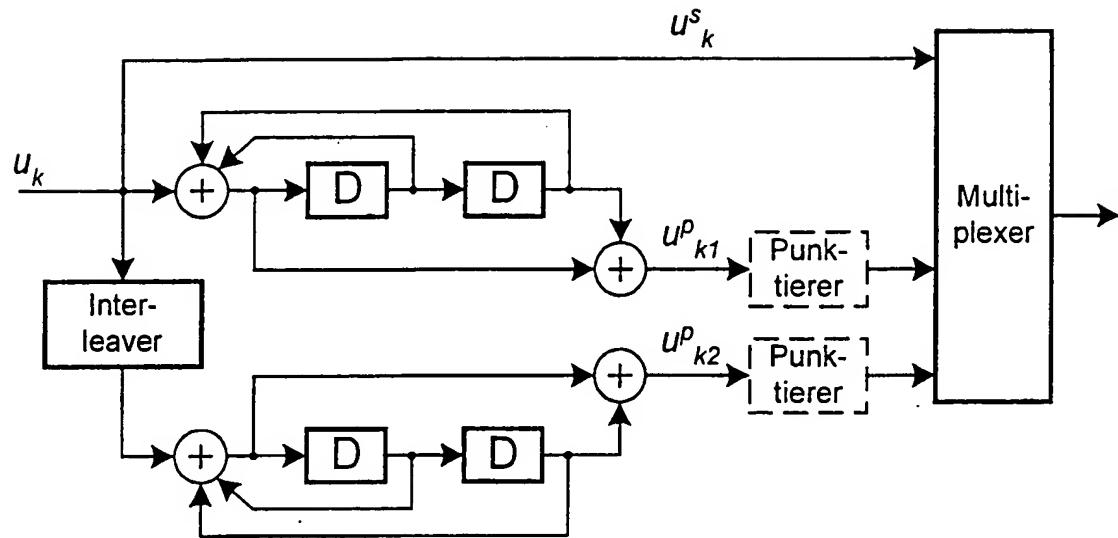


Fig. 1

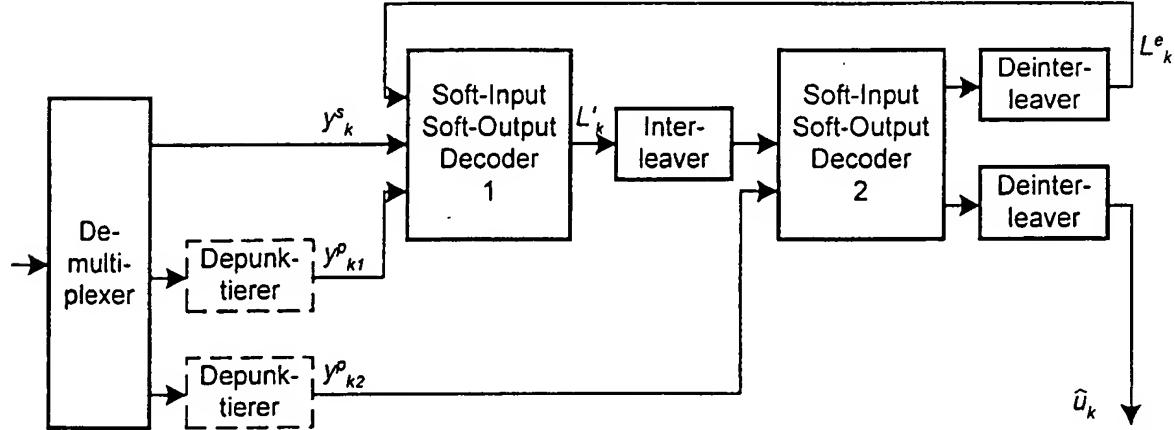


Fig. 2



Fig. 3

2/3

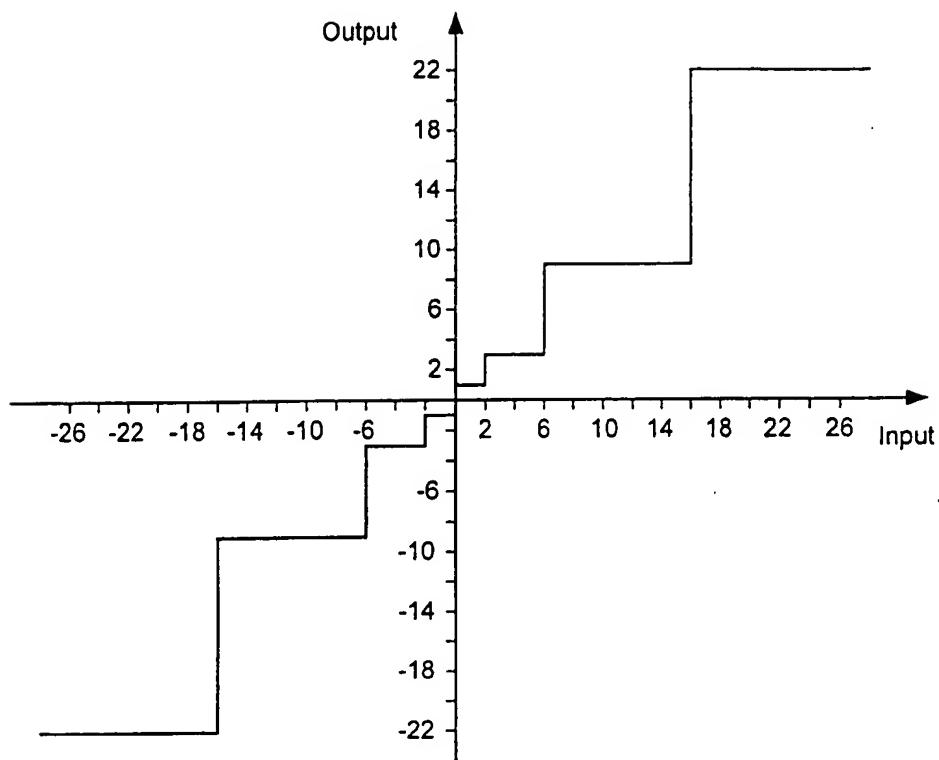


Fig. 4

| Eingangswert | Ausgangswert | Zugeordnete Binärdarstellung |
|--------------|--------------|------------------------------|
| > 15 | 22 | 000 |
| 6 bis 15 | 9 | 001 |
| 2 bis 5 | 3 | 010 |
| 0 bis 1 | 1 | 011 |
| -1 | -1 | 100 |
| -2 bis -5 | -3 | 101 |
| -6 bis -15 | -9 | 110 |
| < -15 | -22 | 111 |

Fig. 5

| Binärdarstellung | Ausgangswert |
|------------------|--------------|
| 000 | 22 |
| 001 | 9 |
| 010 | 3 |
| 011 | 1 |
| 100 | -1 |
| 101 | -3 |
| 110 | -9 |
| 111 | -22 |

Fig. 6

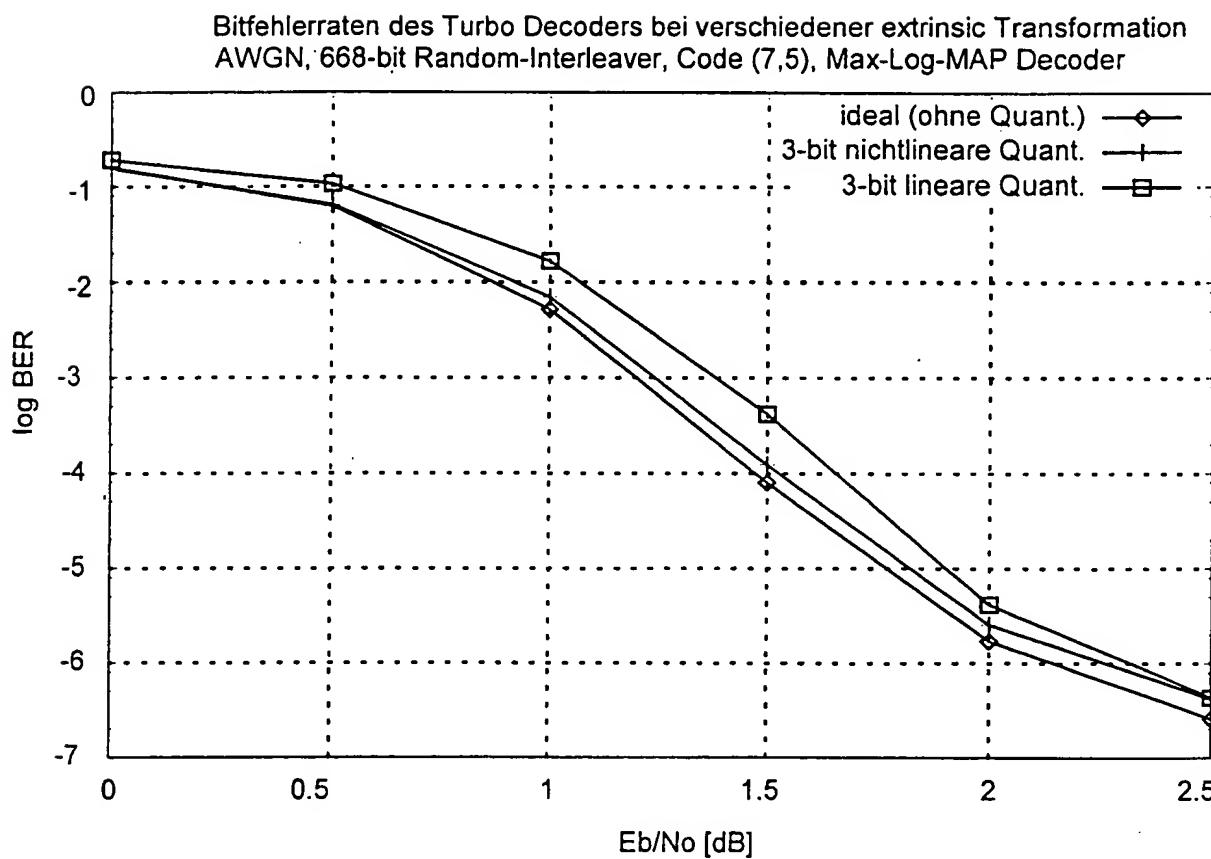


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No
PCT/DE 00/02211

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H03M13/29

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H03M H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|---|-----------------------|
| E | EP 1 024 617 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 2 August 2000 (2000-08-02) paragraph '0032! ---- | 1,8 |
| A | WO 99 25069 A (SUDA HIROHITO ; SHIBUTANI AKIRA (JP); NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 20 May 1999 (1999-05-20) paragraph '0181! - paragraph '0235! ---- | 1,8 -/- |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 November 2000

Date of mailing of the international search report

24/11/2000

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mourik, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/02211

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|----------|--|-----------------------|
| A | BERROU C ET AL: "NEAR SHANNON LIMIT ERROR - CORRECTING CODING AND DECODING: TURBO-CODES (1)" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS (ICC), US, NEW YORK, IEEE, vol. -, 23 May 1993 (1993-05-23), pages 1064-1070, XP000371240 ISBN: 0-7803-0950-2 the whole document --- | 1,8 |
| A | WO 99 07076 A (SAM SUNG ELECTRONIC) 11 February 1999 (1999-02-11) the whole document --- | 1,8 |
| P,A | WO 00 27037 A (QUALCOMM INC) 11 May 2000 (2000-05-11) page 12, line 20 -page 20, line 13 ----- | 1,8 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No

PCT/DE 00/02211

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| EP 1024617 | A 02-08-2000 | NONE | | |
| WO 9925069 | A 20-05-1999 | CN 1246991 T 08-03-2000 | EP 0952673 A 27-10-1999 | |
| WO 9907076 | A 11-02-1999 | CN 1264509 T 23-08-2000 | EP 0997031 A 03-05-2000 | |
| WO 0027037 | A 11-05-2000 | AU 2146000 A 22-05-2000 | | |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02211

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H03M13/29

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 H03M H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| E | EP 1 024 617 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 2. August 2000 (2000-08-02) Absatz '0032! --- | 1,8 |
| A | WO 99 25069 A (SUDA HIROHITO ;SHIBUTANI AKIRA (JP); NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE) 20. Mai 1999 (1999-05-20) Absatz '0181! - Absatz '0235! --- | 1,8 -/- |

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. November 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mourik, J

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02211

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie° | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A | BERROU C ET AL: "NEAR SHANNON LIMIT ERROR - CORRECTING CODING AND DECODING: TURBO-CODES (1)" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS (ICC), US, NEW YORK, IEEE, Bd. -, 23. Mai 1993 (1993-05-23), Seiten 1064-1070, XP000371240 ISBN: 0-7803-0950-2 das ganze Dokument --- | 1,8 |
| A | WO 99 07076 A (SAM SUNG ELECTRONIC) 11. Februar 1999 (1999-02-11) das ganze Dokument --- | 1,8 |
| P,A | WO 00 27037 A (QUALCOMM INC) 11. Mai 2000 (2000-05-11) Seite 12, Zeile 20 -Seite 20, Zeile 13 ----- | 1,8 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02211

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|---|---|----------------------------|--------------------------------|-----------|----------------------------|
| EP 1024617 | A | 02-08-2000 | KEINE | | |
| WO 9925069 | A | 20-05-1999 | CN | 1246991 T | 08-03-2000 |
| | | | EP | 0952673 A | 27-10-1999 |
| WO 9907076 | A | 11-02-1999 | CN | 1264509 T | 23-08-2000 |
| | | | EP | 0997031 A | 03-05-2000 |
| WO 0027037 | A | 11-05-2000 | AU | 2146000 A | 22-05-2000 |